

А.И.КОРОБКО, канд.техн.наук, НТУ «ХПИ»

ИМПУЛЬСНЫЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ГЕНЕРАТОР ТИПА «КАЛИБРАТОР» НА КОНИЧЕСКОЙ ЛИНИИ

В статті наведено опис генератора типу «Калібратор» для створення надпотужних імпульсних електромагнітних випромінювань наносекундного та субнаносекундного діапазонів з використанням у якості системи полеутворювання конічної лінії, узгодженої на кінці.

In the paper the description of the generator such as «Kalybrator» for creation of super-power pulse electromagnetic fields nanosecond and sub nanosecond ranges is resulted. As system which forms a field, the conic line which is coordinated on the end is used.

Введение. В настоящее время проблема обеспечения стойкости и защищенности электро- и радиотехнических устройств и систем к поражающему воздействию мощных электромагнитных факторов естественного и искусственного происхождения [1-3] является очень актуальной. В процессе решения данной проблемы используются экспериментальные методы исследования, что порождает необходимость разработки и создания уникальных сверхмощных генераторов для создания импульсных электромагнитных полей наносекундного и субнаносекундного диапазонов. Кроме этого, такие генераторы необходимы для исследования метрологических характеристик импульсных измерительных систем наносекундного и субнаносекундного диапазонов.

Постановка задачи. Принципиально генераторы для создания сверхмощного импульсного электромагнитного поля наносекундного и субнаносекундного диапазонов могут быть реализованы в двух видах: генераторы «свободных» электромагнитных волн и генераторы «связанных» электромагнитных волн.

Как следует из названия, генераторы первого типа, генерируют импульсное электромагнитное поле в свободном пространстве и имеют в своем составе импульсный источник питания и систему полеобразования антенного типа, которая преобразует импульсы напряжения и тока в импульсное электромагнитное поле.

Генераторы второго типа генерируют импульсное электромагнитное поле в ограниченном объеме системы полеобразования (как правило, это двух- или более связанные системы в виде конических, цилиндрических линий или их сочетаний). При этом для устранения отражений от конца системы полеобразования, имеющей конечную длину, используется согласующее оконечное устройство.

Генераторы второго типа существенно превосходят по величине максимальной импульсной мощности генерируемого импульсного электромагнитного поля генераторы первого типа, так как в первом случае рабочий объем системы полеобразования находится вне ее электродов (антенны), а во втором случае – между ними.

При этом, естественно, резко разнятся и величины импульсных мощностей электромагнитных полей в рабочих объемах (при одинаковых импульсных источниках питания).

Это различие увеличивается еще более существенно, если принять во внимание тот факт, что рабочий объем генераторов первого типа находится, как правило, в дальней зоне антенной системы (системы полеобразования), что вызвано необходимостью получения в рабочем объеме импульсных электрических и магнитных полей, соответствующих сферической T – волне.

Кроме этого генераторы первого и второго типов существенно отличаются по виду полевой переходной характеристики системы полеобразования (реакции системы полеобразования в виде электрических и магнитных составляющих импульсных электромагнитных полей на импульсы напряжения и тока в виде единичного перепада, генерируемые импульсным источником питания).

Так полевая переходная характеристика генераторов «свободных» волн существенно отличается по своему виду от функции $1(t)$, что затрудняет их использование для метрологических целей и для проведения испытаний [4].

Вид полевой переходной характеристика генераторов «связанных» волн может быть приближен к виду $1(t)$ в максимальной степени, так как двух- или более связанные системы полеобразования в виде конических, цилиндрических линий или их сочетания потенциально могут обеспечить адекватное преобразование импульсов напряжения и тока, генерируемых импульсным источником питания, в импульсное электромагнитное поле в теоретически бесконечном частотном диапазоне.

В описываемом генераторе «Калибратор» была использована система полеобразования на основе конической линии, так как только она из всего многообразия двух и более связанных систем в полной мере теоретически удовлетворяет всем требованиям [5,6].

Система полеобразования на основе конической линии имеет следующие преимущества по сравнению с другими системами [5]:

- обладает постоянным и чисто активным входным импедансом, равным ее волновому сопротивлению, в бесконечном частотном диапазоне;
- основная мода колебаний – сферическая T – волна;
- в данной системе отсутствуют распространяющиеся без затухания волны высших типов;
- теоретически полевая переходная характеристика данной системы

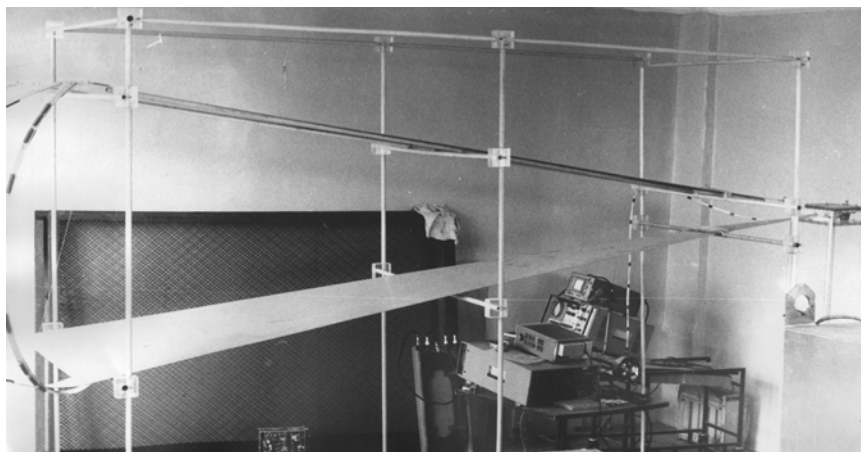
представляет собой функцию $I(t)$.

По сравнению с другими системами система на основе конической линии обладает рядом недостатков:

- в рабочем объеме системы присутствуют все три составляющие импульсного электромагнитного поля;
- максимальные значения электрических и магнитных составляющих импульсного электромагнитного поля затухают по закону $1/r$ вдоль продольной оси системы полеобразования.

Однако данные недостатки не являются определяющими, так как их влияние было сведено к допустимому минимуму рациональным выбором конструктивных параметров описываемого генератора.

Общий вид импульсного электромагнитного генератора типа «Калибратор» представлен на рисунке.



Общий вид электромагнитного генератора типа «Калибратор»

Импульсный генератор состоит из следующих основных частей:

импульсный источник питания; система полеобразования; оконечное устройство.

В качестве импульсного источника питания был использован волновой генератор импульсов напряжения со следующими основными характеристиками.

1. Максимальное значение импульсов напряжения при работе на активную нагрузку величиной 150 Ом: регулируется от 10 кВ до 110 кВ.
2. Длительность фронта импульса напряжения и тока при работе на активную нагрузку величиной 150 Ом на уровнях 0,1 – 0,9 максимального значения: регулируется от 100 пс до 50 нс.
3. Длительность импульсов напряжения и тока на уровне 0,5 макси-

мального значения: регулируется от 50 нс до 1 мкс.

4. Максимальный уровень наложенных колебаний на столе импульсов напряжения и тока: не более 2 %.
5. Режимы работы: одиночные импульсы (один импульс в секунду) и частотный (50 Гц).
6. Тип коммутаторов: газонаполненные разрядники под давлением.

В качестве системы полеобразования была использована симметричная двухэлектродная коническая линия со следующими основными характеристиками.

1. Время нарастания полевой переходной характеристики по уровням 0,1 - 0,9 максимального значения: не более 65 пс.
2. Волновое сопротивление: $150 \text{ Ом} + 3 \text{ Ом}$.
3. Размеры конической линии: 3,5 м x 1,2 м x 1,2 м.
4. Максимальная величина паразитных составляющих электромагнитного поля в рабочем объеме: не более 5 %.

Оконечное устройство представляет собой пространственно распределенную резистивную систему со следующими характеристиками.

1. Активная составляющая входного импеданса: $150 \text{ Ом} + 1 \text{ Ом}$.
2. Модуль коэффициента отражения (для электрической и магнитной составляющих): не более 3 %.

Генератор типа «Калибратор» позволяет осуществлять генерирование импульсных электромагнитного поля в рабочем объеме системы полеобразования со следующими амплитудно-временными характеристиками.

1. Тип генерируемого электромагнитного поля: сферическая Т-волна с радиусом кривизны, численно равным расстояния от точки наблюдения до импульсного источника питания.
2. Рабочий объем: усеченная пирамида с размерами оснований 0,1 м x 0,1 м (узкое сечение), 1 м x 1 м (широкое сечение) и расстоянием между основаниями 3 м.
3. Максимальное значение вертикальной составляющей импульсов электрического поля в узком сечении рабочего объема: $100 \text{ кВ/м} - 1000 \text{ кВ/м}$.
4. Максимальное значение горизонтальной составляющей импульсов магнитного поля в узком сечении рабочего объема: $266 \text{ А/м} - 2660 \text{ А/м}$.
5. Максимальное значение вертикальной составляющей импульсов электрического поля в широком сечении рабочего объема: $10 \text{ кВ/м} - 100 \text{ кВ/м}$.
6. Максимальное значение горизонтальной составляющей импульсов магнитного поля в широком сечении рабочего объема: $26 \text{ А/м} - 266 \text{ А/м}$.
7. Величина паразитных составляющих электромагнитного поля в лю-

- бой точке рабочего объема: не более 5 % от рабочих составляющих.
8. Величина коэффициента отражения (по электрическому и магнитному полям) в любой точке рабочего объема: не более 3 %.
 9. Длительность фронта импульсов электромагнитного поля на уровнях 0,1 - 0,9 максимального значения в любой точке рабочего объема (для электрической и магнитной составляющих): от 125 пс до 50 нс.
 10. Длительность импульсов электромагнитного поля на уровне 0,5 максимального значения в любой точке рабочего объема (для электрической и магнитной составляющих): от 50 нс до 1 мкс.
 11. Частота следования импульсов: 50 Гц и режим одиночных импульсов (один импульс в секунду).
 12. Максимальный уровень наложенных колебаний на столе импульсов электрического и магнитного поля: не более 2 %.

Заключение. Описанный генератор импульсного электромагнитного поля типа «Калибратор» с использованием симметричной конической линии по комплексу своих основных характеристик позволяет:

- проводить определение метрологических характеристик импульсных измерителей электромагнитного поля наносекундного и субнаносекундного диапазонов;
- проводить экспериментальные исследования по определению стойкости к сверхмощным электромагнитным импульсам наносекундного и субнаносекундного диапазонов элементной базы а также электро- и радиотехнических устройств и систем с соответствующими габаритными размерами.

Список литературы: 1. Рикетс Л.У., Бриджес Дж. Э., Майлетта Дж. Электромагнитный импульс и методы защиты. – М.: Атомиздат, 1979. – 328 с. 2. Мырова Л.О., Чепиженко Л.З. Обеспечение стойкости аппаратуры связи к ионизирующим и электромагнитным излучениям. – М.: Радио и связь, 1988. – 296 с. 3. Коробко А.И., Коробко З.И. Реальные уровни стойкости различной радиоэлектронной аппаратуры к воздействию импульсного электромагнитного излучения СВЧ-диапазона // Сборник научных трудов 2-го Международного радиоэлектронного форума «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития», Харьков. – 2005. – Т. 6. – С. 96. 4. C.E.Baum, J.P.O'Loughlin, I.D.Smith, R.Aites, J.Fockler, D.McLemore, M.D.Abdalla, M.C.Skip. JOLT: A Highly Directive, Very Intensive, Impulse-Like Radiator // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. – Vol. 92, № 7. – July 2004. – PP. 1096-1109. 5. Коробко А.И., Коробко З.И. Решение задачи распространения Т-волны в конической линии // Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». Сборник научных трудов. Тематический выпуск: «Энергетика и преобразовательная техника». – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2003. – № 1. – С. 109-111. 6. Коробко А.И. Анализ волн высших типов в цилиндрической линии имитаторов электромагнитных импульсов // Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». Сборник научных трудов. Тематический выпуск: «Энергетика и преобразовательная техника». – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2003. – № 1. – С. 116-121.

Поступила в редколлегию 19.11.2007.